



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115085** (13) **C2**  
(51) МПК  
**F23G 7/06** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2015 09261</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Екман Томас (SE)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>14.01.2014</b>	(73) Власник(и):	<b>ЛІНДЕ АКЦІЄНГЕЗЕЛЛЬШАФТ,</b> Klosterhofstr. 1, 80331 München, Germany (DE)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>11.09.2017</b>	(74) Представник:	<b>Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115</b>
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>13001643.9</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA a201101133, 01.02.2011 JP S57198913 A, 06.12.1982 US 2011059410 A1, 10.03.2011
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>28.03.2013</b>		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву:	<b>EP</b>		
(41) Публікація відомостей про заяву:	<b>10.12.2015, Бюл.№ 23</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>11.09.2017, Бюл.№ 17</b>		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>PCT/EP2014/000072, 14.01.2014</b>		

## (54) СПОСІБ СПАЛЮВАННЯ НИЗЬКОСОРТНОГО ПАЛИВА

### (57) Реферат:

Спосіб для спалювання палива, використовуючи щонайменше один промисловий пальник (115). В пальник (115) подають низькосортне газоподібне паливо з низькою теплотворною здатністю (LHV) 8 МДж/Нм<sup>3</sup> або менше і окиснювач. Продукти згоряння, які одержуються внаслідок згоряння палива з окиснювачем, спочатку пропускають через перший етап (150; 201) теплового обміну. На першому етапі (150; 201) тепла енергія передається від продуктів згоряння паливу, яке, таким чином, попередньо нагрівається. Охолоджені продукти згоряння потім пропускають через другий етап (151; 203) теплообміну, на якому теплову енергію передають від охолоджених продуктів згоряння окиснювачу, який, таким чином, також попередньо нагрівається. Винахід також стосується системи для попереднього нагрівання палива і окиснювача.

UA 115085 C2

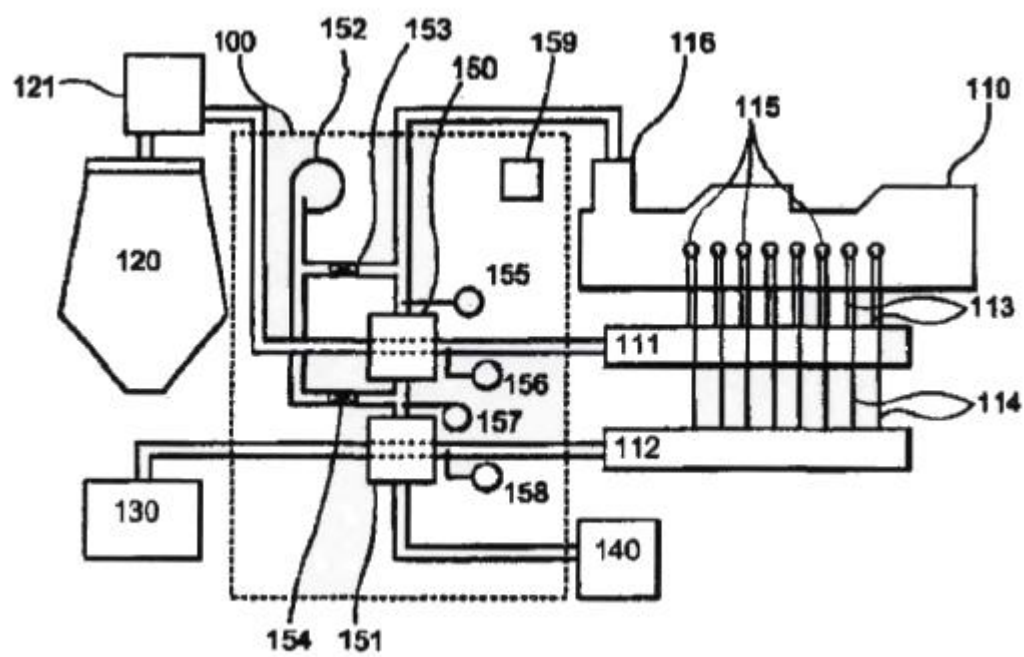


Fig. 1

## ОПИС

Даний винахід стосується способу і системи попереднього нагрівання для спалювання низькосортного палива, використовуючи промисловий пальник. Конкретніше: винахід стосується такого спалювання для нагрівання промислової печі.

На заводах, на яких використовуються промислові печі для виробництва сталі й інших металів, часто виробляються різні низькосортні, газоподібні палива, як побічні продукти. Один приклад являє собою так званий колошниковий газ з доменних печей, які використовують для виробництва сталі. Інший приклад являє собою відхідний газ з конвертерів. Таке низькосортне паливо звичайно містить суміш речовин, які можуть містити, наприклад, вуглеводні, газоподібний азот, газоподібний кисень, газоподібний водень, монооксид вуглецю, двооксид вуглецю і пари води. Оскільки густина енергії в таких паливах часто обмежена, вони звичайно використовуються для низькотемпературної обробки, такої як нагрівання або обробки електроенергії. Як альтернатива, вони можуть змішуватися з паливами, які є більш енергетично густими. Вони також можуть бути марно спалені в атмосфері.

Оскільки таке низькосортне паливо часто виготовляється в надлишку, наприклад, на сталеливарному заводі, і, тому, воно є порівняно дешевим, було б бажано забезпечити можливість його використання в більшій мірі також при високотемпературній обробці, такої як нагрівання печей для сталевих матеріалів, де звичайно використовують паливо вищого сорту.

Крім того, використання низькосортного палива, яке звичайно присутнє, як побічний продукт іншої виробничої обробки, замість використання звичайного, що подається ззовні викопного палива, зменшило б викиди вуглецю заводом.

Для того, щоб забезпечити можливість використання низькосортного палива в таких варіантах застосування, наприклад, було запропоновано, в шведському патенті 553,731 перемикаючи подачу палива і окиснювача в існуючих повітряних пальниках, і одночасно використовувати низькосортне паливо.

У заявці на патент США № 12/440,520 описаний спосіб використання залишкового тепла від нагрівання печі шляхом використання частини продуктів згоряння для попереднього нагрівання палива, в той час як інша частина продуктів згоряння використовується для попереднього нагрівання окиснювача.

У JP 57198913, з іншого боку, описаний пальник, в якому використовується теплова енергія в продуктах згоряння, шляхом попереднього нагрівання низькосортного палива і/або повітря в теплообміннику.

У даному винаході запропоноване доповнення або альтернатива для представлених вище пропозицій експлуатації низькосортного палива при нагріванні печей. Крім того, у винаході вирішується проблема попереднього нагрівання окиснювача, використовуючи продукти згоряння, також, коли продукти згоряння, що покидають зону згоряння, є дуже гарячими. Звичайно таке попереднє нагрівання являє собою проблему, оскільки гарячі продукти згоряння являють собою небезпеку у випадку несправності обладнання попереднього нагрівання і їх безпосереднього контакту з окиснювачем.

Отже, винахід стосується способу для спалювання палива, використовуючи щонайменше один промисловий пальник, причому в цей пальник подають низькосортне, газоподібне паливо з низькою теплотворною здатністю (LHV)  $8 \text{ МДж/Нм}^3$  або менше і окиснювач, і цей спосіб відрізняється тим, що продукти згоряння, що одержуються внаслідок згоряння палива з окиснювачем, спочатку подають на перший етап теплового обміну, на якому теплова енергія передається від продуктів згоряння палива, яке, таким чином, попередньо нагрівається, і тим, що охолоджені таким чином продукти згоряння після того пропускають через другий етап теплообміну, на якому теплову енергію передають з охолоджених продуктів згоряння окиснювачу, який, таким чином, також попередньо нагрівається.

Винахід також стосується системи для попереднього нагрівання низькосортного, газоподібного палива з низькою теплотворною здатністю (LHV)  $8 \text{ МДж/Нм}^3$  або менше і окиснювача і подачі згаданого попередньо підігрітого низькосортного палива і згаданого підігрітого окиснювача щонайменше в один промисловий пальник, використовуючи який паливо спалюють з окиснювачем для одержання гарячих продуктів згоряння, і ця система, яка відрізняється тим, що система містить перший теплообмінний пристрій, виконаний з можливістю передачі тепла від гарячих продуктів згоряння палива, яке, таким чином, попередньо нагрівається, і, що система також містить другий теплообмінник, виконаний з можливістю передачі теплової енергії від продуктів згоряння, які були охолоджені на першому етапі теплообміну, окиснювачу, який, таким чином, також попередньо підігрівається.

Надалі винахід буде описаний детально з посиланням на представлені, як приклади, варіанти здійснення винаходу і на прикладені креслення, на яких:

на фіг. 1 показаний спрощений вигляд системи попереднього нагрівання відповідно до даного винаходу; і

на фіг. 2 показаний спрощений вигляд компонування теплообмінника, відповідно до винаходу.

5 На фіг. 1 показана промислова піч 110, що працює відповідно до даного винаходу, використовуючи систему 100 попереднього нагрівання, також відповідно до винаходу. Переважно, промислова піч 110 являє собою нагрівальну піч для металевих матеріалів, переважно, сталі, і, переважно, вона виконана з можливістю підтримки температури нагрівання в атмосфері печі щонайменше приблизно 1000 °С, такої, яка використовується для повторного відпалювання сталевих продуктів, більш переважно щонайменше приблизно 1200 °С, наприклад, для повторного нагрівання сталевих продуктів перед гарячою прокаткою.

Для нагрівання печі 110 використовується щонайменше один промисловий пальник 115, який (або які) встановлений(і) в стінці печі. Кожний пальник 115 містить щонайменше один з отвору подачі для палива і отвір подачі для окиснювача.

15 Окиснювач може являти собою повітря, але переважно, щоб вміст кисню в окиснювачі був вищим, ніж в повітрі. Отже, відповідно до переважного варіанта здійснення, окиснювач містить щонайменше 50 % мас. кисню, більш переважно, щонайменше 85 % мас. кисню. Ще більш переважно, окиснювач містить щонайменше 95 % кисню, такого як промисловий чистий кисень. Згоряння з окиснювачем, що містить високі рівні кисню в комбінації з низькосортним паливом, дозволяє одержати, зокрема, економічно ефективне нагрівання. Крім того, попереднє нагрівання представленого типу дозволяє використовувати продукти згоряння для попереднього нагрівання навіть таких типів окиснювача з високим вмістом кисню, не створюючи особливого ризику відносно безпеки.

25 Відповідно до винаходу, в пальник або пальники 115 подають газоподібне низькосортне паливо, таке як колошниковий газ із доменної печі.

У Таблиці 1 представлено порівняння типових співвідношень різних складових між, з одного боку, паливом середнього сорту, таким як коксовий газ і, з іншого боку, низькосортним паливом, таким як колошниковий газ із доменної печі і відхідний газ з конвертера. Всі значення представлені в процентному вмісті за об'ємом.

30

Таблиця 1

	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	H <sub>2</sub> O
Коксовий газ	3,5	0,55	60	7,5	2,35	23,5	2,4	0,2
Колошниковий газ	52,5	0,55	2,3	23,5	20	-	-	1,15
Конвертерний газ	17,2	0,1	2,5	64,5	15,6	-	-	0,1

У Таблиці 2 представлено порівняння низьких значень теплотворної здатності (LHV) для коксового газу, колошникового газу з доменної печі і відхідного газу з конвертера.

Таблиця 2

	LHV (МДж/Нм <sup>3</sup> )	LHV (МДж/кг)
Коксовий газ	17,9	34
Колошниковий газ	3,2	2,4
Конвертерний газ	8,0	6,0

35

Відповідно до винаходу, в пальник або пальники 115 подають газоподібне паливо, LHV якого дорівнює або нижче, ніж 8 МДж/Нм<sup>3</sup>. Однак, переважно, щоб газоподібне паливо мало LHV не більше, ніж 6 МДж/Нм<sup>3</sup>, більш переважно не більше, ніж 4 МДж/Нм<sup>3</sup>. Паливо може містити визначені добавки іншого палива вищого сорту, якщо тільки LHV загальної суміші не перевищує згадані межі відносно МДж/Нм<sup>3</sup>. Зокрема, паливо з нижчою LHV краще працює в комбінації з окиснювачами, що містять високі рівні кисню. Переважний приклад палива являє собою суміш колошникового газу і конвертерного відхідного газу, обидва з яких виходять в локальній установці для обробки сталі, що містить доменну піч і конвертер. З причин вартості переважно не домішувати яке-небудь високосортне паливо перед спалюванням, зокрема, не домішувати яке-небудь паливо, яке саме мають LHV більше, ніж 8 МДж/Нм<sup>3</sup>, таке, як у випадку, наприклад, коксового газу.

45

У пальник або пальники 115 подають, через трубопроводи 113, низькосортне паливо із засобу 111 подачі палива, який приймає низькосортне паливо з джерела такого низькосортного

палива. На фіг. 1 показаний спрощений приклад доменної печі 120, з якої колошниковий газ подають через етап 121 очищення газу і систему трубопроводів в засіб 111 подачі. Однак потрібно розуміти, що джерело низькосортного палива може являти собою джерело конвертерного відхідного газу або будь-яке інше відповідне джерело низькосортного палива, як

5 представлено як приклад вище.

Відповідно до переважного варіанта здійснення, низькосортне паливо містить щонайменше 50 % мас. колошникового газу, що одержується під час роботи доменної печі 120. Крім того, переважно, щоб доменна піч 120 локально знаходилася на тому ж промисловому підприємстві, що і піч 110, і, отже, також пальник або пальники 115. Таким чином, завод, загалом, може бути

10 зроблений більш енергетично ефективним.

Окиснювач подають в пальник або пальники 115, через трубопроводи 114 із засобу 112 подачі окиснювача, в який подають окиснювач з джерела 130 окиснювача, такого як звичайне джерело промислово чистого кисню, або звичайний засіб для збагаченого киснем повітря.

Як паливо, так і окиснювач, проходять через систему 100 попереднього нагрівання раніше, ніж вони досягнуть засобу 111 і 112, відповідно.

15

Газоподібні продукти згоряння, що одержуються внаслідок згоряння в пальнику або пальниках 115 і в печі 110 палива з окиснювачем, виходять з печі 110 через димохід 116 і потім надходять в систему трубопроводів, як показано на фіг. 1.

Відповідно до винаходу, згадані продукти згоряння спочатку подають через перший етап 150 теплообміну, на якому теплову енергію передають від згаданих продуктів згоряння паливу, яке, таким чином, попередньо нагрівається. Після цього, охолодженням таким чином продукти згоряння подають через другий етап 151 теплообміну, на якому теплову енергію передають від охолоджених продуктів згоряння окиснювачу, який, таким чином, також попередньо нагрівається.

20

Іншими словами, низькосортне паливо і окиснювач попередньо послідовно нагрівають одне за іншим. Це означає, що окиснювач попередньо нагрівають, використовуючи теплову енергію тих же продуктів згоряння, які попередньо нагрівають низькосортне паливо, але після того, як продукти згоряння вже були охолоджені в певному ступені внаслідок попереднього нагрівання низькосортного палива. Таким чином, вміст теплової енергії продуктів згоряння з печі 110 може використовуватися більш повно, одночасно зводячи до мінімуму будь-які ризики вибуху і т. п., пов'язані з попереднім нагріванням окиснювача, зокрема, у випадку використання окиснювача з високим вмістом кисню.

25

Після виконання етапів 150 і 151 продукти згоряння переважно подають на етап 140 очищення або обробки, призначеної для обробки охолоджених продуктів згоряння.

35

Звичайно, під час проходження продуктів згоряння через етапи 150, 151 продукти згоряння ніколи не входять в прямий фізичний контакт ні з низькосортним паливом, ні з окиснювачем, які повинні бути попередньо нагріті. Замість цього, встановлюється тільки тепловий контакт.

Відповідно до переважного варіанта здійснення, другий етап теплообміну містить металевий теплообмінник типу рекуператора, іншими словами, теплообмінник, який не є регенератором, але теплообмінник, в якому теплову енергію передають з одного середовища в інше, швидше, прямо, а не опосередковано, іншими словами, без якого-небудь проміжного нагрівання деякого іншого середовища перед подальшим нагріванням низькосортного палива або окиснювача. Переважні теплообмінники, що використовуються на етапах 150, 151, являють собою теплообмінники зі зустрічним потоком або з поперечним потоком.

40

Зокрема, переважно використовувати металеві теплообмінники, в яких металевий роздільний засіб використовується для підтримки продуктів згоряння постійно відділеними від низькосортного палива і окиснювача, відповідно. Переважні металеві матеріали для такого засобу містять неіржавіючу сталь.

45

Зокрема, переважно, щоб на другому етапі 151 теплообміну окиснювач подавали по одній або декільком металевим трубам через камеру, через яку встановлений потік продуктів з камери згоряння, і ці труби розташовані так, що вони відділяють окиснювач від продуктів згоряння і передають тепло від продуктів згоряння в камеру окиснювача в згаданих трубах.

50

Це представлено на фіг. 2, на якій перший етап 201 теплообміну, який відповідний першому етапу 150 теплообміну, як показано на фіг. 1, і містить вхід 200 для гарячих продуктів згоряння, послідовно з'єднаний через трубопровід 202 з другим етапом 203 теплообміну, який відповідає другому етапу 151 теплообміну на фіг. 1 і містить вихід 204 для охолоджених продуктів згоряння. Через перший етап 201 теплообміну трубки 212 теплообміну продовжуються всередині камери всередині етапу 201 від входу 210 для низькосортного палива до виходу 211 для попередньо нагрітого низькосортного палива. Аналогічно, на етапі 203, трубки 222

55

теплообміну працюють всередині камери на етапі 203, від входу 220 для окиснювача до виходу 221 для попередньо нагрітого окиснювача.

Переважно, щоб металевий матеріал роздільного засобу, встановлений для відділення окиснювача від газу згоряння, тобто труби 222 на фіг. 2, був виготовлений з металевого матеріалу, який є в більшій мірі стійким до впливу кислот, ніж металевий матеріал відповідного роздільного засобу, встановленого для того, щоб завжди підтримати низькосортне паливо відділеним від газу згоряння, тобто, труби 212 на фіг. 2. Приклади відповідних матеріалів для згаданого роздільного засобу на другому етапі теплообміну містять досить стійкі неіржавіючі сталі таких типів, які стійкі до впливу кислот.

Крім того, переважно, щоб тільки згаданий засіб розділення на етапі 151 теплообміну, отже, тільки труби 222 на фіг. 2, були виготовлені з такої неіржавіючої сталі, стійкої до кислот, і щоб інша частина етапу 150, 151 теплообміну була побудована з інших, в меншому ступені стійких до кислот неіржавіючих сталей і/або неметалічного матеріалу.

На фіг. 1, крім того, ілюструється пристрій 152 подачі оточуючого повітря, наприклад, в формі звичайного вентилятора з відповідними трубопроводами, що переважно працює спільно з і керований пристроєм 159 керування, що сполучається (наприклад, по проводах) з пристроєм 152 подачі повітря.

Пристрій 152 виконаний з можливістю подачі оточуючого повітря в потік продуктів згоряння перед першим етапом 150 теплообміну для охолодження продуктів згоряння перед подачею на етап 150. Така подача відбувається через клапан 153 керування, яким може керувати пристрій 159 керування, для керування потоком.

Крім того, пристрій 152 виконаний з можливістю керування температурою продуктів згоряння, що протікають на етапі 150, на основі вимірної температури продуктів згоряння перед етапом 150 і/або вимірної температури низькосортного палива після етапу 150. Такі температури вимірюють, використовуючи відповідні датчики 155 і 156 температури, відповідно.

Відповідно до додаткового або альтернативного варіанта здійснення, той же або інший пристрій 152 подачі оточуючого повітря (тільки один такий пристрій показаний на фіг. 1) встановлено для подачі оточуючого повітря в потік продуктів згоряння після першого етапу 150 теплообміну, але перед другим етапом 151 теплообміну, переважно через клапан 154 керування, яким також може керувати пристрій 159 керування, для охолодження продуктів згоряння перед подачею на етап 151. У цьому випадку, пристрій 152 виконаний з можливістю керування температурою продуктів згоряння, що протікають на другий етап теплообміну, на основі вимірної температури продуктів згоряння перед етапом 151 і/або вимірної температури окиснювача після етапу 151. Таку температуру вимірюють, використовуючи відповідні датчики 157 і 158 температури, відповідно.

Відповідно до переважного варіанта здійснення, пристрій 159 керування виконаний з можливістю зчитувати значення температури, що подаються, з щонайменше двох, переважно щонайменше трьох датчиків 155-158 температури, відповідно, розташованих для вимірювання температури газів згоряння перед етапом 150 і між етапами 150, 151; температури низькосортного палива після етапу 150; і температури окиснювача після етапу 151. На основі цих значень вимірювання, пристрій 159 керування потім виконаний з можливістю керування пристроєм 152 подачі для подачі достатньої кількості оточуючого повітря в продукти згоряння перед першим етапом 150 теплообміну, для підтримки температури продуктів згоряння, що протікають на другий етап 151, на рівні або нижче заданої найвищої допустимої температури. Таке керування може бути основане на відповідному алгоритмі керування, наприклад, який враховує емпірично і/або теоретично визначені параметри, що стосуються охолодження продуктів згоряння, коли вони протікають через перший етап 150 теплообміну. Алгоритм керування також може бути оснований, на потоці низькосортного палива через етап 150.

Оточуюче повітря може мати приблизно кімнатну температуру, але, повинне бути щонайменше холодніше, ніж гази згоряння, з якими воно змішується.

Як описано вище, продукти згоряння можуть мати температуру приблизно 1000 °C, коли вони виходять з димоходу 116.

Відповідно до переважного варіанта здійснення, температура продуктів згоряння на вході в перший етап 150 теплообміну, після можливого змішування з оточуючим повітрям, становить щонайменше 800 °C. Аналогічно, температура продуктів згоряння на вході на другий етап 151 теплообміну, після охолодження на етапі 150 і можливого додаткового змішування з оточуючим повітрям, не перевищує 400 °C. Це дозволяє ефективно виконувати попереднє нагрівання при одночасній мінімізації небезпеки.

Внаслідок попереднього нагрівання низькосортного палива і після цього, використовуючи вже частково охолоджені продукти згоряння, попереднього нагрівання окиснювача, досягається ряд переваг.

По-перше, в багатьох варіантах застосування велика частина енергії, що міститься в гарячих продуктах згоряння, може бути передана паливу і окиснювачу, ніж це можливо, коли виконують тільки обмін тепловою енергією на одному етапі для палива і/або окиснювача.

По-друге, густина гарячих продуктів згоряння знижується, коли їх охолоджують паливом на першому етапі 150 теплообміну, внаслідок чого, на другому етапі 151 теплообміну, передача теплової енергії окиснювача може бути встановлена в меншому ступені. Це, в свою чергу, приводить до можливості побудови ефективнішої по витратах установки.

По-третє, можливо виконувати попереднє нагрівання навіть окиснювача з високим вмістом кисню, без ризику відносно безпеки.

Вище були описані переважні варіанти здійснення. Однак, для фахівця в даній галузі техніки очевидно, що множина модифікацій може бути виконана для описаних варіантів здійснення, без виходу за межі основної ідеї винаходу.

Наприклад, потрібно розуміти, що етапи 150, 201 теплового обміну можуть бути відповідного або іншого типу, ніж етапи 151, 203 теплообміну, якщо тільки підтримуються описані тут принципи.

Потрібно також розуміти, що пальники 115, в які подають попередньо підігріте низькосортне паливо і попередньо підігрітий окиснювач, можуть бути замінені іншими пальниками, які також нагрівають ту ж піч 110, такими як звичайні пальники з окиснювачем-паливом. Однак, переважно, щоб пальники 115 становили єдине джерело тепла в печі 110.

Таким чином, винахід не треба обмежувати описаними варіантами здійснення, але він може змінюватися в межах об'єму прикладеної формули винаходу.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб спалювання палива, використовуючи щонайменше один промисловий пальник (115), причому в цей пальник (115) подають низькосортне, газоподібне паливо з низькою теплотворною здатністю (LHV)  $8 \text{ МДж/Нм}^3$  або менше і окиснювач, який **відрізняється** тим, що продукти згоряння, які одержуються внаслідок згоряння палива з окиснювачем, спочатку пропускають через перший етап (150; 201) теплового обміну, на якому тепла енергія передається від продуктів згоряння паливу, яке, таким чином, попередньо нагрівається, і тим, що охолоджені таким чином продукти згоряння потім пропускають через другий етап (151; 203) теплообміну, на якому теплову енергію передають від охолоджених продуктів згоряння окиснювачу, який, таким чином, також попередньо нагрівається.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що реакція згоряння між окиснювачем і низькосортним паливом нагріває промислову піч (110).

3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що низькосортне паливо містить щонайменше 50 % мас. колошникового газу з доменної печі (121).

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що низькосортне паливо одержують внаслідок роботи доменної печі (121), яка розташована на тому ж промисловому підприємстві, що і пальник (115).

5. Спосіб за будь-яким одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що окиснювач містить щонайменше 85 % мас. кисню.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що другий етап (151; 203) теплообміну містить металевий теплообмінник типу рекуператора.

7. Спосіб за п. 6, який **відрізняється** тим, що на другому етапі (151; 203) теплообміну окиснювач подають по одній або декількох металевих трубах (222) через камеру, через яку подають потік продуктів камери згоряння, і ці труби (222) виконані з можливістю відділення окиснювача від продуктів згоряння і передачі тепла від продуктів згоряння в камері окиснювачу в згаданих трубах (222).

8. Спосіб за будь-яким одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що температура продуктів згоряння на вході в перший етап (150; 201) теплообміну становить щонайменше  $800^\circ\text{C}$ , і що температура продуктів згоряння на вході на другий етап (151; 203) теплообміну становить менше ніж  $400^\circ\text{C}$ .

9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що перший пристрій (152) подачі оточуючого повітря виконаний з можливістю подачі оточуючого повітря в потік продуктів згоряння перед першим етапом (150; 201) теплообміну для охолодження продуктів згоряння перед входом на перший етап (150; 201) теплообміну, і що перший пристрій (152) подачі повітря виконаний з можливістю керування температурою продуктів згоряння, що протікають на перший

етап (150; 201) теплообміну, на основі виміряної температури продуктів згоряння перед першим етапом (150; 201) теплообміну і/або виміряної температури палива після першого етапу (150; 201) теплообміну.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що другий пристрій (152) подачі оточуючого повітря виконаний з можливістю подачі оточуючого повітря в потік продуктів згоряння після першого етапу (150; 201) теплообміну, але перед другим етапом (151; 203) теплообміну, для охолодження продуктів згоряння перед надходженням на другий етап (152; 203) теплообміну, і що другий пристрій (152) подачі повітря виконаний з можливістю керування температурою продуктів згоряння, які протікають на другий етап (151; 203) теплообміну, на основі виміряної температури продуктів згоряння перед другим етапом (151; 203) теплообміну і/або виміряної температури окиснювача після другого етапу (151; 203) теплообміну.

11. Система (100) для попереднього нагрівання низькосортного, газоподібного палива з низькою теплотворною здатністю (LHV) 8 МДж/Нм<sup>3</sup> або менше і окиснювача і подачі згаданого попередньо підігрітого низькосортного палива і згаданого підігрітого окиснювача в щонайменше один промисловий пальник (115), використовуючи який паливо спалюють з окиснювачем для одержання гарячих продуктів згоряння, яка **відрізняється** тим, що система (100) містить перший теплообмінний пристрій (150; 201), виконаний з можливістю передачі тепла від гарячих продуктів згоряння паливу, яке, таким чином, попередньо нагрівається, причому система (100) також містить другий теплообмінник (151; 203), виконаний з можливістю передачі теплової енергії від продуктів згоряння, які були охолоджені на першому етапі (150; 201) теплообміну, окиснювачу, який, таким чином, також попередньо підігрівається.

12. Система (100) за п. 11, яка **відрізняється** тим, що окиснювач містить щонайменше 85 % мас. кисню.

13. Система (100) за п. 11 або 12, яка **відрізняється** тим, що другий етап (151; 203) теплообміну містить металевий теплообмінник типу рекуператора.

14. Система (100) за п. 13, яка **відрізняється** тим, що на другому етапі (151; 203) теплообміну окиснювач подають по одній або декількох металевих трубах (222) через камеру, через яку подають потік продуктів камери згоряння, і ці труби (222) виконані з можливістю відділення окиснювача від продуктів згоряння і передачі тепла від продуктів згоряння в камері окиснювачу в згаданих трубах (222).

15. Система (100) за будь-яким одним з пп. 11-14, яка **відрізняється** тим, що пристрій (152) подачі оточуючого повітря виконаний з можливістю подачі оточуючого повітря в потік продуктів згоряння перед першим етапом (150; 201) теплообміну і в потік продуктів згоряння після першого етапу (150; 201) теплообміну, але перед другим етапом (151; 203) теплообміну, причому один або декілька датчиків (155, 156, 157, 158) температури виконані з можливістю вимірювання температури газоподібних продуктів згоряння перед першим етапом (150; 201) теплообміну і/або після першого етапу (150; 201) теплообміну, і/або температури палива після першого етапу (150; 201) теплообміну, і/або температури окиснювача після другого етапу (151; 203) теплообміну, причому пристрій (159) керування виконаний з можливістю керування потоком оточуючого повітря, що подається пристроєм (152) подачі оточуючого повітря на основі даних вимірювання із згаданого щонайменше одного датчика (155, 156, 157, 158) температури.



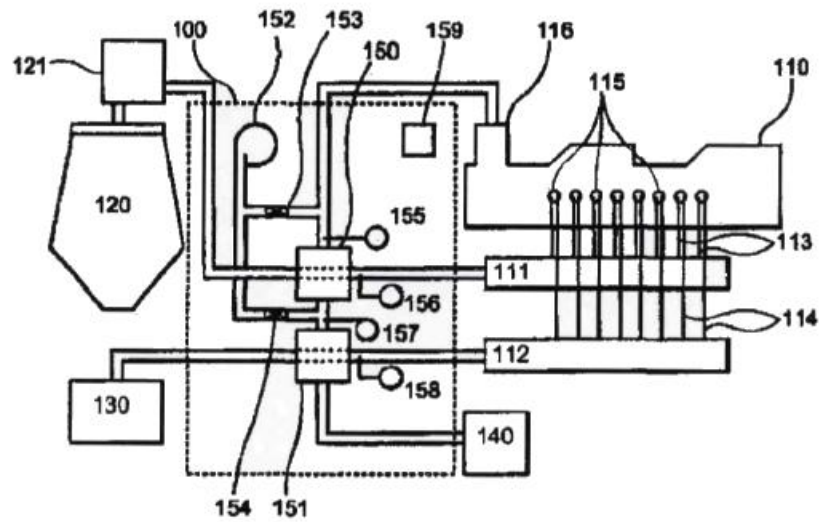


Fig. 1

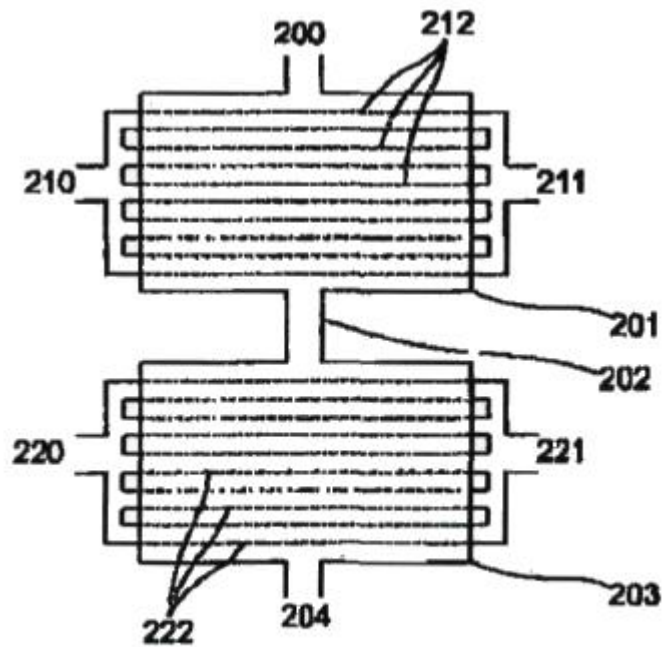


Fig. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябо

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601